

Závěry z projektu „E-STANDARD”



**Sdružení dopravních podniků ČR
Pracovní komise pro elektromobilitu**

Verze 4, červenec 2015

Obsah

1. Úvod	3
1.1 Strategický kontext	3
1.2 Koncept průběžně dobíjeného elektrobusu a jeho infrastruktury.....	3
1.3 Potřeba řešit průběžně dobíjený elektrobus jako projekt.....	4
2. Používané systémy dobíjení elektrobusů	5
2.1 Základní rozřídění	5
2.2 Současná praxe a trendy v systémech průběžného dobíjení	6
3. Standardy využitelné pro průběžně dobíjené elektrobusy.....	10
3.1 Technické normy pro konstrukci zařízení	10
3.1.1 Norma ČSN EN 61851 – Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením.....	10
3.1.2 Norma ISO 15118 – Silniční vozidla – Komunikační rozhraní vozidlo-síť.....	10
3.2 Návrh dalších konstrukčních parametrů pro dvoupólové dobíjení elektrobusů.....	10
3.3 Předpis EHK OSN 100 pro schvalování elektrických osobních a nákladních automobilů a autobusů	10
3.4 Normativní podpora zadávání systému vozidlo-infrastruktura.....	11
4. Další poznatky z projektu E-STANDARD	12
4.1 Možnosti systémového rozhraní při průběžném nabíjení elektrobusu.....	12
4.2 Základní obchodní modely pro dodávku průběžně dobíjených elektrobusů	12
4.3 Požadavek na otevřenou architekturu systému vozidlo-infrastruktura.....	13
4.4 Technická životnost a doba odepisování nabíjecí infrastruktury	13
4.5 Požadavky na zadávací dokumentaci.....	14
4.6 Vliv dodavatelského trhu	14
4.7 Cena za odběr elektrické energie pro nabíjení elektrobusů	14
5. Shrnutí	16
Zdroje informací.....	18
Příloha č. 1: Technický rozbor systémů dobíjení elektrobusů	19
Příloha č. 2: Norma ČSN EN 61851 – základní popis a využití	22
Příloha č. 3: Základní postup přípravy a realizace projektu průběžně dobíjených elektrobusů	25

1. Úvod

1.1 Strategický kontext

Rozvoj elektrobuse má nejobecnější zakotvení ve strategických cílech EU a ČR v oblasti snižování emisí.

Cíle energetické politiky EU předpokládají:

- do roku 2030 snížit produkci oxidu uhličitýho o 40 %,
- do roku 2030 zvýšit podíl obnovitelné energie na 27 %,
- do roku 2030 zvýšit energetickou účinnost o 27 %.

Aktualizovaná státní energetická koncepce ČR předpokládá zajišťovat pro dopravu:

- v roce 2030 o 20 % méně ropných paliv, než v roce 2010,
- v roce 2030 o 84 % více elektrické energie, než v roce 2010.

Tomu odpovídají také dotační příležitosti z evropských zdrojů, zaměřené i na podporu nízkoemisní městské dopravy. V programovém období 2014+ je to především Integrovaný regionální operační program (IROP) zahrnující mj. podporu bezemisních vozidel MHD a jejich dobíjecí infrastruktury a Operační program doprava (OPD) zahrnující mj. podporu infrastruktury městské drážní dopravy (včetně trolejbusů).

Elektrobusy se rozvíjejí jako perspektivní druh dopravy zejména při náhradě dieselových autobusů a jako doplněk stávající elektrické trakce. Vzhledem k očekávaným termínům prvních výzev z IROP (prosinec 2015 – březen 2016) je otázka přípravy projektů elektrobuse tam, kde je sledováno jejich využití, velmi aktuální.

1.2 Koncept průběžně dobíjeného elektrobuse a jeho infrastruktury

Běžný městský autobus je v provozu denně zhruba 14 až 18 hodin, tedy při oběhové rychlosti 14 až 20 km/h ujede denně 200 až 360 km. K docílení dojezdu cca 300 km je potřebné vybavit plně bezemisní elektrobuse zásobníkem energie o hmotnosti cca 30 % z celkové hmotnosti vozidla. To se promítá do ceny a provozních nákladů vozidla – v tomto případě se někdy hovoří o tzv. „nočním“ **elektrobuse**, dobíjeném pouze během noční přestávky po dobu několika hodin.

Proto jsou hledány možnosti, jak zajistit celodenní provoz elektrobuse vybaveného menším zásobníkem energie. To vede ke konceptu tzv. **průběžně dobíjeného elektrobuse**.

Zásobník energie (akumulátor) využívá elektrobuse jak k uložení energie z vnějšího zdroje (tím umožňuje náhradu neekonomicky spalovaných uhlovodíkových paliv elektřinou i na linkách bez průběžného trakčního vedení), tak i pro rekuperaci energie při spádovém i zastavovacím brzdění (tím přináší další úspory energie). Tento koncept je v posledních letech velmi intenzivně rozvíjen, přičemž vznikají různá řešení jak pro vozidla, tak pro jejich nabíjecí systémy. Tato řešení jsou předmětem zkušebních i rutinních provozů a vyznačují se různou mírou technické složitosti, uživatelského pohodlí i investičních a provozních nákladů.

Vzhledem k rozmanitosti řešení vzniká potřeba standardizace v této oblasti. Ta se v současné době řeší mj. na úrovni UITP, prozatím však bez jednoznačných a prakticky využitelných závěrů.

Mezi dopravci sdruženými ve Sdružení dopravních podniků ČR (SDP ČR) nicméně existuje velmi aktuální potřeba vymezit technické standardy týkající se průběžného dobíjení elektrobuse a stanovit základní společné principy pro zadávání těchto vozidel a jejich infrastruktury s cílem

- podpořit vznik a uplatnění tohoto dopravního systému,
- předejít budoucí závislosti dopravce na jednom dodavateli vozidel nebo infrastruktury pro průběžné dobíjení,
- předejít možným právním sporům v souvislosti s výběrovými řízeními na dodavatele vozidel, dobíjecí infrastruktury nebo celého systému,
- předejít možným problémům v oblasti plynulosti a bezpečnosti provozu v důsledku nevhodně zvoleného systému průběžného dobíjení nebo nevhodně definovaného projektu průběžného dobíjení z pohledu technického a organizačního,
- neomezit prostor pro inovace v oblasti průběžného dobíjení elektrobusů a jejich využití v provozní praxi dopravců.

Projekt „E-STANDARD“ v této situaci představuje iniciativu v rámci činnosti Pracovní komise pro elektromobilitu při SDP ČR, která reaguje na tyto potřeby. Tato zpráva je prvním souhrnným výstupem z činnosti této iniciativy.

1.3 Potřeba řešit průběžně dobíjený elektrobus jako projekt

Je zřejmé, že průběžně dobíjené elektrobusy představují spolu s dobíjecí infrastrukturou systémový celek, zahrnující

- mechanickou část vozidla;
- elektrovýzbroj vozidla (pohon, zásobníky energie, energetický management, pomocná zařízení);
- vozidlovou část nabíjecího zařízení, tvořící rozhraní s nabíjecí infrastrukturou;
- pevnou část nabíjecího zařízení (nabíjecí infrastrukturu).

Charakteristickým znakem tohoto systému je velká variabilita dostupných řešení a velmi těsná závislost mezi provozně ekonomickými požadavky daného konkrétního dopravního systému a technickým řešením, který těmto požadavkům co nejlépe vyhoví. K zavádění, případně dalšímu rozvíjení elektrobusů ve městě je vhodné přistupovat jako k **rozvojovému projektu**, který vychází z potřeby dopravní strategie města a konkrétního přepravního trhu a nachází pro něj vhodné technické řešení.

Podrobnosti postupu přípravy takového projektu uvádí příloha č. 3 a dále studie „E-mobilita v MHD“, která je volně ke stažení na www.proelektrotechniky.cz.

Konkrétní řešení průběžně dobíjených elektrobusů jako rozvojového projektu je ponecháváno na jednotlivých dopravcích s tím, že je doporučováno přitom využít dále uvedené poznatky iniciativy „E-STANDARD“.

Přitom je nutno zdůraznit, že **konečným kritériem pro efektivnost investičního projektu elektrobusů jsou celoživotní náklady a přínosy celého systému vozidlo-infrastruktura**, po dobu jeho plánované životnosti (nebo jinak stanovené délky hodnocení projektu – viz dále komentáře k referenčnímu období). Tyto náklady a přínosy se vztahují k **plánovanému počtu dobíjecích stanic, parku elektrobusů a rozsahu jejich provozních výkonů**. Tomuto kritériu je pak nutno přizpůsobit technické řešení a obchodní model jeho pořízení a provozování, bez předsudků nebo zaujetí pro jedno konkrétní řešení.

Ani sám koncept průběžně dobíjeného elektrobusu, jakkoli preferovaný a obecně odůvodněný, tak nemusí být vždy imperativem. Nikdy nelze zcela vyloučit, že v daném konkrétním případě bude pro dopravce „noční“ elektrobus i se všemi zmíněnými nedostatky výhodnější než průběžné dobíjení spojené s náklady na nabíjecí infrastrukturu a provozními riziky.

2. Používané systémy dobíjení elektrobusů

2.1 Základní rozřídění

K dobíjení tohoto typu elektrobusů lze použít jako zdroj elektrické energie:

- distribuční elektrickou síť 3× 400 V AC, 50 Hz,
- distribuční elektrickou síť 3× 22 kV AC, 50 Hz,
- trakční elektrickou síť existujících městských elektrických drah (metro, tramvaje, trolejbusy).

U volby mezi uvedenými druhy připojení bude hrát roli především

- vedení distribučních a trakčních energetických sítí v daném konkrétním městě
- cena za odebranou elektrickou energii – této problematice je věnována samostatná kapitola 4.7.

V zásadě lze přitom volit dva druhy nabíjení, resp. připojení

- s uzemňovacím vodičem (třída ochrany I) – zpravidla se jedná o tzv. čtyřpólové dobíjení (dva silové vodiče, zemnicí vodič a informační vodič, sloužící k řízení a monitorování nabíjecího procesu,
- bez uzemňovacího vodiče (třída ochrany II) – tzn. dvoupólové dobíjení (pouze silové vodiče).

(Terminologická poznámka: V této souvislosti by se mělo správně hovořit o připojení, spíše než o nabíjení či dobíjení, protože připojením se dá provádět více úkonů, než pouze nabíjet trakční baterie, např. vytápět vozidlo. Pojem „nabíjení“ či „dobíjení“ ve spojení s dalšími přívlastky, například dvou- nebo čtyřpólové, kontaktní – bezkontaktní apod., je nicméně v odborné terminologii natolik zažitý, že rozlišovat zde „připojení“ a „nabíjení“ by mohlo být pro běžného čtenáře matoucí.)

Podle souboru norem ČSN EN 61851 (viz dále kapitola 3.1.1) je možno použít oba způsoby nabíjení, resp. připojení, ale tyto normy podrobně popisují jen technické řešení pro třídu ochrany I, neboť byly primárně vytvořeny pro elektromobily.

Způsob zajištění funkčnosti a bezpečnosti při použití třídy ochrany II je nutno řešit podle k tomu určených elektrotechnických norem obecnějšího charakteru (podobně jako je tomu u trolejbusů).

Oba způsoby je přitom možno kombinovat, tj. například využít infrastruktury pro stejnosměrné trakční napětí k dvoupólovému i čtyřpólovému nabíjení, přičemž ve druhém případě to znamená zjednodušení, a tím zlevnění, nabíjecích stanic.

Vhodnost využití jednoho nebo druhého zdroje elektrické energie pro nabíjení elektrobusů závisí především

- na konkrétních geografických a provozních podmínkách daného systému městské dopravy a konkrétních linek, které mají být vedeny elektrobusy,
- na tom, zda ve městě již existuje síť stejnosměrného trakčního napájení pro elektrickou MHD, jejíž infrastrukturu lze využít i pro nabíjení elektrobusů.

V neposlední řadě mohou hrát při této volbě významnou roli také konkrétní smlouvy o dodávce elektrické energie mezi distribuční společností a dopravcem.

Nabíjení vozidla kabelem (zásuvka – zástrčka) je všeobecně využíváno pro dlouhodobější (například noční, respektive vyrovnávací) nabíjení ve vozovně. Pro několikrát denně periodicky opakované průběžné nabíjení na lince (na konečných) se připojení kabelem nehodí (pomalá a pracná manipulace s kabelem, velká hmotnost, velká síla na zasunutí a vysunutí, vliv znečištění, nepřízeň počasí, aj.). Pro průběžné nabíjení je proto trendem automatické připojování vozidla ke kontaktnímu místu.

Volba mezi dvoupólovým a čtyřpólovým, tj. neuzemněným a uzemněným, nabíjením opět závisí na konkrétních provozních požadavcích daného dopravního systému v kombinaci s předpokládaným rozložením investičních výdajů. Obecně platí, že čím rozsáhlejší park elektrobusů se předpokládá, tím více se vyplatí umístit většinu prvků dobíjení do pevné části dobíjecího zařízení a méně na samotné vozidlo. Tomu pak odpovídá volba nabíjecí technologie.

Dalším možným pohledem na systémy nabíjení je rozlišení na

- kontaktní přenos elektrické energie přímým dotykem silových vodičů,
- bezkontaktní přenos elektrické energie elektromagnetickou indukci.

Výhodou bezkontaktního nabíjení je především absence mechanických prvků v dobíjecí infrastruktuře, které by byly vystaveny vlivům počasí a vandalismu, a prakticky žádný estetický dopad, proto má také v zahraničí navzdory svým nevýhodám poměrně hojně využití (viz dále). Zdravotní rizika bezkontaktního přenosu (například vliv na kardiostimulátory) nebyla v zahraničí prokázána. Mezi nevýhody patří zejména energetické ztráty při indukčním přenosu (cca 5 %), které při přenášených výkonech 200 kW vyvolávají nutnost chlazení pomocí povrchového zařízení; to vede k další spotřebě energie i k rizikům poruch. Nevýhodou je také nutnost instalovat rozměrné cívky pod povrch vozovky (výkopové práce, vlastnictví pozemků, aj.). Další provozní rizika mohou nastat např. v souvislosti s nekvalitním povrchem vozovky. Využití bezkontaktního způsobu dobíjení v českých podmínkách proto sice není zcela vyloučené, ale jeví se jako poměrně málo pravděpodobné.

Podrobnější rozbor technologií zásuvkového a průběžného nabíjení elektrobusů a jeho vlastností je uveden v samostatné příloze č. 1.

2.2 Současná praxe a trendy v systémech průběžného dobíjení

Z hlediska mechanického řešení a přenášených výkonů lze v současné době roztřídit systémy průběžného dobíjení způsobem uvedeným v tabulce č. 1.

Poznámky k tabulce:

- Tabulka je spíše ilustrativní, neklade si za cíl uvést vyčerpávající výčet všech aktuálně používaných nebo technicky možných nabíjecích technologií.
- Příklady uváděné v tabulce sledují aktuální situaci ve světě. Průběžně vznikají nové rozvojové projekty a zkoušejí se další technologie.
- Je tedy například technicky možné průběžné dobíjení elektrobusu také střídavým napětím – viz příloha č. 1.
- Pro připojení pomocí zásuvky je trendem využívání standardu Combo II.

Tabulka č. 1 Základní systémové třídění nabíjecích zařízení pro elektrické autobusy *)

Typ zařízení		Základní typ přenosu energie	Vstup do zařízení	Výstup ze zařízení do vozidla	Mechanické řešení	Max. přenášený výkon *)	Příklad
manuální	DC silový konektor	kontaktní, statický	DC trakční zařízení	DC 600/750 V	DC silový konektor	600 kW	elektrobusy SOR v Ostravě
	standardizovaný AC silový konektor		AC distribuční soustava	AC 3× 400 V	standardizovaná zásuvka 3 x 400 AC	20 kW	elektrobusy SOR v ČR
	nestandardní zásuvková nabíjecí stanice				dvojitá zásuvka 3× 400 V AC (případně jiné nestandardní řešení)	2× 30 kW	elektrobusy BYD
mechanické/automatické	trolejbusové trakční vedení s měničnou, bez úprav	kontaktní, dynamický	AC distribuční soustava	DC 600/750 V	standardní tyčový sběrač na vozidle	180 kW	parciální trolejbus - projekt Slide In, Landskrona
	odbočka z tramvajového/ trolejbusového trakčního vedení	kontaktní, statický	DC 600/750 V		dvoupólový pantografový sběrač na vozidle	180 kW	elektrobus Siemens/Rampini, Vídeň
	dobíjecí zařízení s mechanickou konzolí na vozidle		AC distribuční soustava nebo odbočka z DC trakčního vedení		čtyřpólový pantografový sběrač na vozidle (dva silové póly, zemnění, data)	200 kW	technologie Schunk (viz komentář v textu)
					vertikální výsuvná konzole na vozidle	400 kW	technologie ABB v Ženevě
					horizontální výsuvná konzole na vozidle	300 kW	technologie Stäubli (Brno, Amper 2014)
	dobíjecí zařízení s mechanickou konzolí na stojanu	vertikální konzole pantografového typu (nebo jiné konstrukce)			300 kW	technologie Siemens v Hamburku, technologie ABB v Göteborgu	
	indukční dobíjení	bezkontaktní, statický	AC distribuční soustava	různé parametry, výkon 60 – 200 kW	indukční cívka ve vozovce a na vozidle	200 kW	technologie IPT Charge (e-busy Turín) a Bombardier PRIMOVE (projekt emil, Braunschweig)
bezkontaktní, dynamický		100 kW				technologie OLEV, Jižní Korea	

*) Uváděné parametry nepředstavují vyčerpávající výčet. Průběžně se mění s ohledem na vývoj technologií.

Pro současný stav v systémech průběžného dobíjení jsou charakteristické následující trendy a přístupy:

a) Provozní a legislativní odlišení parciálního trolejbusu a elektrobusu

Z hlediska provozních požadavků a uplatnění je rozlišováno mezi

- **parciálním trolejbusem**, využívajícím stávající trolejovou infrastrukturu jako zdroj elektrické energie k jízdě pod trakčním vedením, tak i k nabíjení akumulátoru pro jízdu mimo trakční vedení, a obsluhujícím s využitím energie uložené v akumulátoru i nezátrolejované úseky (jako náhrada dieselových autobusů nebo zcela nově), často v míře 50 % a více svého oběhu, který je a priori konstruován jako trolejbus s příslušným dopadem na cenu vozidla,
- **elektrobusem**, který má oproti parciálnímu trolejbusu jednodušší a levnější konstrukci a

nejčastěji nahrazuje dieselové autobusy nebo nabízí dosud nerealizovanou dopravní obsluhu, a to co možná neefektivnějším způsobem včetně návaznosti na páteří sít kapacitní elektrické městské dopravy tam, kde existuje.

Elektrobus je tedy **z hlediska provozního nasazení** vnímán jako svébytný druh dopravního prostředku se specifickými výhodami a nevýhodami, nikoli jako „statický trolejbus“. Je snaha jeho vlastnosti co neefektivněji využít ve spojení s dalšími moderními technologiemi, především informačními a komunikačními (sledování polohy vozidel, navádění vozidla na cíl při nabíjení aj.).

Z legislativního pohledu je v ČR trolejbus, včetně parciálního, drážním vozidlem podléhajícím drážním předpisům a elektrobus silničním vozidlem, podléhajícím po technické stránce předpisům EHK OSN (viz dále). Je-li k tomu důvod, lze parciální trolejbus nechat schválit souběžně jako drážní i jako silniční vozidlo.

b) Využití zásuvkového a dvou-/čtyřpólového průběžného dobíjení

Zásuvkové dobíjení je využíváno především pro noční balancování trakčních baterií (u většiny zahraničních elektrobusů) nebo pro dobíjení o delších přestávkách během dne (např. u elektrobusů, využívaných pouze pro pokrytí přepravních špiček).

Čtyřpólové dobíjení používá jako zdroj energie na vstupu jak střídavou distribuční síť, tak stejnosměrnou trakční síť (příkladem jsou elektrobusy v Drážďanech). Podobně jako u dvoupólového dobíjení umožňuje připojení na trakční síť využít pro nabíjení rekuperovanou energii ze závislé trakce. Čtyřpólové nabíjecí stanice jsou zpravidla integrovány do zastávek a dobíjení probíhá během nástupu a výstupu cestujících. Nabíjecí systém tak plně využívá provozních předností čtyřpólového dobíjení a zároveň omezuje riziko, že dobíjecí stanice nebude k dispozici ve chvíli, kdy je právě potřeba.

Dvoupólové dobíjení z trakčního vedení je v zahraničí využíváno oproti čtyřpólovému relativně méně, zejména s ohledem na reálná omezení v přenášeném výkonu a na nutnost zajištění bezpečnosti obsluhy a cestujících během nabíjení. Toto řešení je nicméně velmi blízké zkušenostem a kultuře mnoha dopravních podniků v ČR díky provozování trolejbusů s dlouhou tradicí a perspektivnímu využití parciálních trolejbusů.

Podrobněji k technologiím zásuvkového a průběžného dobíjení viz v příloze č. 1.

c) Rozmanitost řešení nabíjecích stanic

Nabíjecí stanice pro čtyřpólové dobíjení mají velmi rozmanitou konstrukci (viz příklady v tabulce č. 1) a jsou, až na výjimky, ve stavu technického vývoje a zkušebního provozu v rámci různých celoevropských a národních projektů.

Jistá známka sériového provedení (nebo směřování k němu) je patrná u čtyřpólových stanic Siemens a ABB TERRA s pantografovou konzolí na dobíjecím stojanu, využívaných např. v Hamburku nebo v Göteborgu a dodávaných jako ucelený systém výrobcem autobusů Volvo, nebo u produktu Schunk Smart Charging, pracujícího s žlábkovitým konektorem na stojanu a pantografovou konzolí na vozidle. Tyto technologie se v současné době uplatňují v Evropě u řádově desítek elektrobusů nebo plug-in hybridních autobusů (kombinace elektrobusu a hybridního autobusu), zpravidla jako součást pilotních provozů. Jako sériové produkty jsou prezentovány také systémy indukčního dobíjení IPT Charge a Bombardier PRIMOVE, přičemž první jmenovaná technologie funguje např. u více než dvaceti elektrických midibusů v Turíně v rutinním provozu od roku 2010.

Prozatím jediné čtyřpólové dobíjení české konstrukce, které je od května 2015 v pilotním provozu v Plzni v rámci evropského projektu ZeEUS, pochází od Škody Electric a je provozováno spolu s elektrobusy Škoda PERUN HP.

Dvoupólové dobíjení z trakčního vedení je v zahraničí využíváno např. u 12 elektrických midibusů Siemens/Rampini ve Vídni a u zkušebních provozů midibusu této konstrukce v jiných

městech. V Praze je nyní tato technologie, použita u 11m elektrobusu SOR s výzbrojí Cegelec v rané fázi provozních zkoušek.

Pro úplnost je třeba dodat, že také manuální průběžné dobíjení během provozních přestávek má své místo na trhu. Příkladem evropského výrobce elektrobusů orientovaného tímto směrem je britský Optare (cca 80 elektrobusů ve V. Británii a v dalších evropských zemích). Podobně je třeba uvést, že některá evropská města sledují a rozvíjejí koncept „nočního“ elektrobusu s dojezdem na jedno nabití kolem 250 km (viz kapitola 1.2). Příkladem je město Londýn.

d) Snaha o přijetí konkrétního řešení jako standardu

V zájmu provozovatelů dopravy je dopracovat se k určitému standardu v oblasti připojení vozidla k nabíjecímu místu. V první řadě jde o orientaci na bezpečné, spolehlivé, typově schválené a ekonomicky příznivé řešení. Neméně důležitá je i univerzálnost použití tak aby bylo možno dlouhodobě budovat a postupně rozšiřovat jak pevná trakční zařízení, tak i park vozidel. To v současné době není snadné, neboť výrobci vozidel, elektrických výzbrojí pro vozidla i komponent se snaží vyvinout vhodná řešení tohoto technického problému rozmanitým způsobem (viz výše).

Mezi výrobci, nabízejícími různá řešení, zároveň probíhá konkurenční boj, přirozeně směřující k přijetí dané konkrétní konstrukce jako všeobecně uznávaného standardu mezi uživateli.

e) Snaha o integrovanou dodávku vozidel a nabíjecí infrastruktury jako dopravního systému

V zahraničí se v souvislosti s elektrobusy průběžně dobíjenými pomocí čtyřpólové technologie profiluje obchodní model, kdy jeden dodavatel (vozidel, elektrovýzbroje nebo dobíjecí infrastruktury) dodává pod svojí značkou na klíč celý systém vozidlo-nabíjecí infrastruktura, přičemž ostatní výrobci zúčastnění na této dodávce jsou v roli subdodavatelů. Příkladem je Volvo nabízející na trhu pod svojí značkou plug-in hybridní autobusy s dobíjecími stanicemi od výrobců Siemens nebo ABB jako ucelený systém. Podobně se prezentuje i výrobce autobusů Solaris, nabízející pod svojí značkou elektrobusy Solaris spolu s elektrovýzbrojí a dobíjecí infrastrukturou dle volby zákazníka. Jiným příkladem je již zmíněná Škoda, prezentující pod svojí značkou jako jeden celek průběžně dobíjený bateriový elektrobus s vlastní elektrovýzbrojí a karoserií Solaris spolu s nabíjecí stanicí vlastní konstrukce.

Není to nicméně jediné možné řešení. Jinou možností je rovněž pořízení dobíjecích stanic jako samostatné investice a následný nákup elektrobusů se specifikovanými požadavky a parametry dobíjecí infrastruktury. Při tomto obchodním modelu je třeba ošetřit systémovou integraci vozidlo-infrastruktura z hlediska jasně vymezených odpovědností, tak aby dopravce získal funkční celek a nemusel vystupovat v roli systémového integrátora, případně arbitra mezi dodavatelem vozidla a dodavatelem dobíjecí stanice.

Problematika obchodního modelu je blíže rozebrána v samostatné kapitole 4.2.

f) Nabídka otevřené architektury dodávaného systému

Někteří dodavatelé, např. zmíněné Volvo nebo Škoda, uvažují nebo přímo nabízejí svá řešení jako systém s otevřenou architekturou, využívající obecně přístupné standardy a průmyslové vzory, tak aby se u uživatele nevytvářela závislost na jednom výrobcu.

3. Standardy využitelné pro průběžně dobíjené elektrobusy

3.1 Technické normy pro konstrukci zařízení

3.1.1 Norma ČSN EN 61851 – Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením

ČSN EN 61851-1 ed. 2 Tato norma platí pro palubní a externí zařízení pro nabíjení elektrických silničních vozidel s normalizovanými napájecími střídavými napětími (podle IEC 60038) do 1 000 V a se stejnosměrnými napětími do 1 500 V a pro získání elektrického výkonu pro jakékoliv další služby na vozidle, pokud jsou zapotřebí při jeho připojení na napájecí síť. Termín „elektrická silniční vozidla“ (EV) zahrnuje veškerá silniční vozidla, včetně hybridních silničních vozidel se zásuvkovým připojením (PHEV), která odebírají veškerou energii nebo její část z palubních baterií.

Podrobnosti využití této normy pro průběžně dobíjené elektrobusy jsou uvedeny v příloze č. 2.

3.1.2 Norma ISO 15118 – Silniční vozidla – Komunikační rozhraní vozidlo-síť

ISO 15118 specifikuje komunikaci mezi elektrickými silničními vozidly a zařízeními pro nabíjení baterií. Termín „elektrická silniční vozidla“ (EV) zde, stejně jako v předchozím případě, zahrnuje veškerá silniční vozidla, včetně hybridních silničních vozidel se zásuvkovým připojením (PHEV), která odebírají veškerou energii nebo její část z palubních baterií.

Účelem této normy je detailní vymezení komunikace mezi vozidlem a nabíjecí infrastrukturou. Norma mj. specifikuje jednotlivé aspekty detekování vozidla v komunikační síti a umožňuje komunikaci mezi vozidly a nabíjecí infrastrukturou založenou na internetovém protokolu (IP). Je proto důležitá pro standardizaci komunikace mezi vozidlem a infrastrukturou pro čtyřpólové dobíjecí systémy.

Tato norma není prozatím oficiálně k dispozici v českém jazyce, její znění je však možné získat např. jako německou normu DIN ISO 15118 v německém a anglickém jazyce.

3.2 Návrh dalších konstrukčních parametrů pro dvoupólové dobíjení elektrobusů

V rámci projektu E-STANDARD byly diskutovány některé konkrétní technické parametry pro dvoupólové dobíjení elektrobusů. V rámci časových možností práce skupiny však nebyl příslušný souhrn mechanických a elektrických parametrů vozidla a nabíjecího místa natolik projednán, aby mohl být přijat jako standard. V této aktivitě budou zainteresovaní zájemci pokračovat dále v rámci SDP ČR.

3.3 Předpis EHK OSN 100 pro schvalování elektrických osobních a nákladních automobilů a autobusů

Plný název předpisu: Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN) č. 100 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska zvláštních požadavků na elektrické výkonové propojení.

Tento předpis stanoví bezpečnostní požadavky pro veškerá silniční vozidla kategorií M a N podle EHK OSN, čili osobních a nákladních automobilů a autobusů, s elektrickým výkonovým propojením s maximální konstrukční rychlostí převyšující 25 km/h, která jsou vybavena jedním nebo více trakčními elektrickými motory a nejsou trvale připojena k síti, jakož i pro jejich vysokonapěťové součásti a systémy, které jsou galvanicky připojeny k vysokonapěťové sběrnici elektrického výkonového propojení. Kromě vozidel na baterie s týká také vozidel na palivové články.

Předpis zahrnuje následující oblasti:

- Definice, postup podání žádosti o homologaci nebo o rozšíření její platnosti při změně typu vozidla nebo o ukončení platnosti homologace po ukončení výroby typu.
- Postup udělení homologace a způsob označení homologovaného výrobku,
- Rozsah zkoušek typu vozidla a požadavky na:
 - o trakční baterie, způsob jejich nabíjení, indikace "stavu možné aktivní jízdy",
 - o ochranu před elektrickým šokem,
 - o funkční bezpečnost,
 - o stanovení emisí vodíku při nabíjení baterie.
- Postupy pro řízení a kontrolu shodnosti výroby (COP), postup odběru a hodnocení vzorků, postihy při nedodržení shodnosti.

Tento předpis tedy upravuje požadavky na vozidlo, ne na infrastrukturu jeho průběžného dobíjení.

Z pohledu bezpečnosti dobíjení je důležitý zejména odstavec 5.1.2.3, který mj. uvádí: „V případě motorových vozidel, jež mají být připojena k uzemněnému vnějšímu elektrickému napájecímu zdroji vodivým spojením, musí být k dispozici zařízení umožňující galvanické spojení elektrické kostry se zemí. Toto zařízení by mělo umožňovat, aby toto spojení se zemí bylo provedeno před přivedením vnějšího napětí do vozidla a aby bylo zachováno až do okamžiku, kdy bude vnější napětí od vozidla odpojeno.“

Jinými slovy, tento předpis nepřipouští možnost nabíjení neuzemněného vozidla vodivým spojením s vnějším uzemněným elektrickým napájecím zdrojem, jediné přes galvanické oddělení, tj. přenos elektrické energie bez spojení vodičem. Tak tomu může být například u indukčního dobíjení nebo při zařazení jiného galvanického oddělení do procesu dobíjení – blíže viz příloha č. 1..

3.4 Normativní podpora zadávání systému vozidlo-infrastruktura

Norma ČSN EN 50126-1 Drážní zařízení – Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS) poskytuje vodítko pro zadávání průběžně dobíjených elektrobuses a jejich nabíjecí infrastruktury jako jednoho systémového celku. Ačkoliv je přednostně orientována na drážní systémy dodávané na klíč, které jsou v porovnání s průběžně dobíjenými elektrobusem mnohem komplikovanější, je její přiměřené využití vhodné i pro tento účel.

Podrobnosti možného využití této normy jsou uvedeny v příloze č. 3.

4. Další poznatky z projektu E-STANDARD

4.1 Možnosti systémového rozhraní při průběžném nabíjení elektrobuse

U průběžného dobíjení elektrobuse lze definovat dvě různá rozhraní:

- rozhraní mezi oběma částmi připojovacího zařízení (na dopravní cestě a na vozidle),
- rozhraní mezi vozidlovou částí připojovacího zařízení a vozidlem.

Je pak třeba odpovídajícím způsobem vymezit dodávku vozidla, resp. celého systému vozidlo-infrastruktura, tak, že zahrnuje:

- jen vozidlo,
- vozidlo včetně vozidlové části připojovacího zařízení,
- vozidlo včetně vozidlové části připojovacího zařízení a části připojovacího zařízení na dopravní cestě,
- vozidlo včetně vozidlové části připojovacího zařízení a části připojovacího zařízení na dopravní cestě včetně dalších energetických zařízení.

Tomu pak musí odpovídat definice (standarty) relevantních rozhraní.

4.2 Základní obchodní modely pro dodávku průběžně dobíjených elektrobuse

Obě části připojení vozidla k nabíjecímu místu musí spolu bezpečně a spolehlivě fungovat, tedy musí respektovat příslušné mechanické a elektrické parametry vzájemného rozhraní. To lze zaručit dvojím způsobem:

- jeden dodavatel dodá obě části připojovacího zařízení (součást dopravní cesty i součást vozidla) a garantuje funkci celku,
- jeden dodavatel dodá tu část připojovacího zařízení, která je součástí dopravní cesty, a druhý dodavatel tu část připojovacího zařízení, která je součástí vozidla. Každý z nich garantuje funkci své části za splnění podmínek rozhraní oběma dodavateli.

Oba přístupy, tedy základní obchodní modely, mají své výhody a nevýhody.

Ve prospěch prvního hovoří jednoznačná zodpovědnost dodavatele celého systému za jeho funkčnost jakožto celku. Možným rizikem je skutečná nebo domnělá uzavřenost takto definovaného systému pro určitý konkrétní okruh dodavatelů, která může být právně napadnutelná, a je proto třeba věnovat zvýšenou pozornost definování předmětu zakázky a důrazu na otevřenost systému. Rovněž definování hodnotících kritérií může být v tomto případě složitější.

Ve prospěch druhého obchodního modelu hovoří zejména na první pohled větší otevřenost zakázky, a tedy i potenciálně menší právní rizika. Lze také různým způsobem definovat oba prvky systému a vytvářet jim na míru zadávací dokumentaci včetně hodnotících kritérií, technických i finančních. Možným rizikem je neuspokojivě vyřešený problém zprovoznění systému jakožto celku, s negativními důsledky pro jeho celkovou efektivnost i pro image elektrobuse jako druhu dopravy obecně.

Konkrétní řešení daného obchodního modelu jsou plně v kompetenci dopravců v závislosti na jejich konkrétních provozních požadavcích, technickém a personálním zázemí.

V obou případech je nicméně třeba spolehlivě vyřešit roli **systémového integrátora**, a to zejména u systémů dobíjení, kdy spolu pevná a vozidlová část komunikují. V takovémto případě jde totiž fakticky o koncept M2M (machine-to-machine) známý například z plně automatizovaných výrobních

procesů nebo z drážního řídicího a zabezpečovacího zařízení typu CBTC (communication-based train control). Komunikačním médiem přitom může být průmyslový internet (viz kapitola 3.1.2) nebo jiné komunikační technologie. Systémový integrátor zde zodpovídá za bezchybný průběh komunikace mezi zařízeními, a tím za efektivní fungování celého systému.

Systémovým integrátorem může být jeden z dodavatelů, případně třetí subjekt, který může a nemusí být součástí dodavatelského konsorcia. Obecně za nejméně šťastné řešení lze považovat, aby tímto systémovým integrátorem byl dopravce, jehož primárním posláním je přeprava cestujících.

Je rovněž možné oba uvedené základní obchodní modely kombinovat, tj. v prvním kroku soutěžit oba prvky systému zvlášť a v dalším kroku požadovat konečnou společnou nabídku od obou vítězů.

Rozhodujícím pro konečné přijetí daného technického a obchodního řešení bude vždy předpokládaná **efektivnost investice a provozu celého systému vozidlo-infrastruktura po dobu jeho provozní životnosti** (nebo jiného relevantního období, viz kapitola 4.4) jako kritérium pro porovnání možných variant a předmět následné cost-benefit analýzy. Vyhodnocení této efektivnosti bude kromě jiného podmínkou poskytnutí investiční dotace ze zdrojů EU. Jinými slovy, **zaměření na jednu preferovanou technickou nebo obchodní variantu bez přesvědčivého porovnání s jinými možnostmi bude z hlediska poskytnutí dotací s největší pravděpodobností nepřijatelné.**

Dopravci se mohou zapojit také do vývojových a inovačních projektů, jejichž smyslem je zpravidla provozní ověření technického řešení pro tržní využití. Projektový tým obvykle tvoří kromě dopravce také průmyslový partner či partneři a univerzity nebo jiná výzkumná pracoviště. Příkladem je již zmíněný evropský projekt ZeEUS nebo národní projekty e-busů v Německu i jinde.

4.3 Požadavek na otevřenou architekturu systému vozidlo-infrastruktura

Jak vyplývá ze zahraničních zkušeností, je třeba, aby zadavatel projektu trval na otevřené architektuře dodávaných řešení, tedy řešení, které dává provozovateli volnost ve výběru dodavatele autobusů a dobíjecí infrastruktury.

To je zaručeno tím, že dodavatel řešení

- využívá dostupné všeobecné technické normy,
- dává k dispozici duševní vlastnictví (dokumentaci k řešení, potřebná data apod.),

a to v takové míře, aby provozovatel nebyl trvale vázán výběrem vozidel, nabíjecí infrastruktury nebo jejich komponent na jednoho dodavatele.

4.4 Technická životnost a doba odepisování nabíjecí infrastruktury

Z předběžného průzkumu u výrobců lze předpokládat, že **technická životnost** zařízení pro průběžné dobíjení elektrobuses bude reálně dosahovat 10 – 15 let.

V období před uplynutím 10 let může provozovatel rozhodnout, zda provede celkovou rekonstrukci zařízení, nebo pouze drobnou údržbu pro plánované dožití.

Lze předpokládat, že u stacionární dobíjecí stanice:

- přípojku a transformátor nebude třeba měnit,
- výkonovou část měničů nebude třeba měnit,
- řídicí část měničů lze případně zahrnout do rekonstrukce,
- automatický připojovací systém lze zahrnout do rekonstrukce.

Z **účetního pohledu** bude čtyřpólová dobíjecí stanice nejspíše spadat do odpisové skupiny 3 ve

smyslu přílohy 1 zákona o dani z příjmu (položka 3-18 „Elektrická rozvodná a kontrolní zařízení kromě rozvaděčů a rozvodných panelů pro napětí 1000 V a nižší, pokud nejsou uvedena v jiné položce této přílohy“), kde je stanovena doba odepisování 10 let. Tuto otázku bude vhodné dále potvrdit a ujednotit v rámci SDP ČR.

Jako **referenční období** pro finanční a sociálně ekonomické hodnocení projektu průběžně dobíjených elektrobusů lze, na základě předběžné konzultace s JASPERS, předpokládat období cca 15 – 20 let, tedy kratší než 25 – 30 let standardně doporučované orgány EU pro hodnocení systémů MHD. Tuto otázku bude nicméně třeba projednat a odsouhlasit individuálně u každého projektu v průběhu zpracování cost-benefit analýzy (viz příloha č. 3).

4.5 Požadavky na zadávací dokumentaci

V procesu zadávání systému průběžně dobíjených elektrobusů je zapotřebí koncipovat zadávací podmínky jako **funkční požadavky** formulované

- **dostatečně konkrétně**, aby systém plnil požadovanou dopravně provozní funkci s co nejmenšími provozními náklady,
- zároveň **dostatečně obecně**, aby se nezavřel přístup k inovacím, které v tomto oboru probíhají velmi rychle.

Funkční požadavky musí vycházet z provozních potřeb dopravců, které se odvíjejí od požadavků přepravního trhu. Ty je nutno sledovat ve výhledu na celé období životnosti projektu, tj. 15 – 20 let, a to nejen co do objemu, tedy předpokládaných přepravních proudů, ale také co do kvality, tj. požadavků cestujících na komfort, spolehlivost, dobu přemístění od východiska k cíli cesty aj.

Ve všech případech je třeba důkladně ohlídat transparentnost a nediskriminující přístup zadavatele, tak aby výsledky soutěže nebyly právně napadnutelné. Tento požadavek platí obecně, v případě průběžně dobíjených elektrobusů však může být jeho naplnění náročnější s ohledem na rozmanitost a inovativnost nabízených technologií.

4.6 Vliv dodavatelského trhu

Při definování obchodního modelu a technických požadavků na elektrobusy a jejich nabíjecí zařízení může sehrát významnou roli také **situace na dodavatelském trhu**, jeho aktuální nabídka a preference.

Mezi některými výrobci vozidel a nabíjecích zařízení se průběžně vytvářejí různé formy strategických partnerství s různou mírou závaznosti. Výrobci (zvláště velké světové firmy) budou také například pečlivě vážit reálně dosažitelný finanční přínos ze získané zakázky proti administrativním nárokům spojeným s procesem veřejné soutěže a dalším „utopeným nákladům“, které je nutno vynaložit bez ohledu na její výsledek. Malou zakázku na českém trhu pak mohou vyhodnotit jako apriori obchodně nezajímavou.

V této souvislosti je namístě **varovat dopravce** (zvláště pak jejich odborníky-techniky) **před důvěrou v neomezenou vstřícnost dodavatelů**. Nezbytnou součástí přípravy každého projektu elektrobusů je proto **předběžný průzkum dodavatelského trhu**, které hned zkraje uvede do vzájemného souladu očekávání a možnosti obou stran.

4.7 Cena za odběr elektrické energie pro nabíjení elektrobusů

Ceny za elektrickou energii pro nabíjení elektrobusů nejsou jednotně regulovány ze strany státu, a záleží tedy na smluvním ujednání mezi dopravcem a dodavatelem elektřiny.

Nejjednodušším řešením, které města provozující elektrické dráhy (metro, tramvaje, trolejbusy)

budou pravděpodobně preferovat, je čerpání energie pro nabíjení elektrobuseů z této jejich již existující sítě, a to z více důvodů:

- v trakční stejnosměrné síti 600 V (respektive 750 V) jsou k dispozici výrazně větší výkony, než bývá obvyklé v existujících sítích 3× 400 V;
- po již uskutečněné náhradě vozidel s odporovou regulací vozidly s energeticky úspornějším pulzním řízením má trakční síť určitou výkonovou rezervu;
- trakční síť je zpravidla rozvedena napříč městem (dopravní síť elektrických drah lze vnímat i jako síť energetickou);
- připojení napájecího místa k vrchnímu vedení lze zajistit bez výkopových prací a bez záboru cizích pozemků;
- alespoň jedna konečná stanice autobusové linky může být situována v přestupních uzlech na páteřové linky v elektrické trakci, tedy nachází se v blízkosti trakčního vedení;
- k nabíjení elektrobuseů lze využít přebytky výkonů od rekuperujících vozidel, které jsou dosud mařeny v jejich brzdových odpornících;
- cena elektrické energie z trakčního vedení (odebírání na vstupu měniřny z distribuční sítě 3× 22 kV) je výrazně nižší, než cena elektrické energie z distribuční sítě 3× 400 V;
- trendy v energetice (růst složky ceny závislé na maximálním odebíraném výkonu v místě připojení) hovoří v neprospěch jednotlivých bodových odběrů.

Jako alternativu lze nicméně uvažovat i odběr pro nabíjení přímo z veřejné sítě 3× 22 kV AC. Podmínkou je **smluvní zakotvení nabíjecích stanic pro průběžné dobíjení i měníren jakožto jednoho odběrného místa.**

Tímto způsobem postupují například Plzeňské městské dopravní podniky, které platí odběr pro nabíjení elektrobuseů v rámci tarifu za celý provoz měníren, tj. i nová dobíjecí stanice na Košutce má de facto postavení další měniřny. Nejedná se tedy o maloodběr, ostatně i dimenzování odpovídá malé měniřně: 22 kV, 630 kVA na transformátoru.

Využití odběru z nízn napětového vedení 3× 400 V AC k dobíjení elektrobuseů naproti tomu bude pro dopravce zřejmě vždy cenově nevýhodné.

5. Shrnutí

Dosavadní poznatky z projektu „E-STANDARD“ lze shrnout do následujících základních doporučení pro dopravce, kteří plánují zavedení a rozvoj průběžně dobíjených elektrobusů:

a) Elektrobus a jeho nabíjecí infrastrukturu je třeba koncipovat jako **ucelený projekt**, vycházející z provozně ekonomických požadavků dopravce s perspektivou minimálně na dobu životnosti klíčových komponent, tj. 15 a více let. **Na kvalitě přípravy takového projektu bezprostředně závisí úspěšnost provozu i možnost spolufinancování z evropských zdrojů.**

b) Na elektrobus je třeba z pohledu plánovaného uplatnění v provozu pohlížet jako na **dopravní prostředek svého druhu** a efektivně využívat jeho provozních vlastností i možností souvisejících technologií (například informačních). Z **legislativního pohledu** zůstává parciální trolejbus drážním vozidlem a elektrobus silničním vozidlem podléhajícím příslušným předpisům EHK OSN.

c) Obchodní model pro pořízení průběžně dobíjených elektrobusů lze koncipovat dvojím způsobem:

- jeden dodavatel dodá obě části připojovacího zařízení (součást dopravní cesty i součást vozidla) a garantuje funkci celku,
- jeden dodavatel dodá tu část připojovacího zařízení, která je součástí dopravní cesty, a druhý dodavatel tu část připojovacího zařízení, která je součástí vozidla. Každý z nich garantuje funkci své části za splnění podmínek rozhraní oběma dodavateli.

Oba přístupy, tedy základní obchodní modely, mají své výhody a nevýhody. Zásadní je role **systémového integrátora**. Systémovým integrátorem, který zodpovídá za fungování systému vozidlo-infrastruktura jakožto celku, může být jeden z dodavatelů, případně třetí subjekt, který může a nemusí být součástí dodavatelského konsorcia. Obecně za nejméně šťastné řešení lze považovat, aby systémovým integrátorem byl dopravce, jehož primárním posláním je přeprava cestujících.

d) Rozhodujícím pro konečné přijetí daného technického a obchodního řešení bude vždy předpokládaná **efektivnost investice a provozu celého systému vozidlo-infrastruktura po dobu jeho provozní životnosti** jako kritérium pro porovnání možných variant a předmět následné cost-benefit analýzy. **Zaměření na jednu preferovanou technickou nebo obchodní variantu bez přesvědčivého porovnání s jinými možnostmi bude s největší pravděpodobností nepřijatelné pro poskytnutí dotací ze zdrojů EU.**

e) Je zapotřebí koncipovat zadávací podmínky pro takovýto systém jako **funkční požadavky**, formulované

- **dostatečně konkrétně**, aby systém plnil požadovanou dopravně provozní funkci s co nejmenšími provozními náklady,
- zároveň **dostatečně obecně**, aby se nezavřel přístup k inovacím, které v tomto oboru probíhají velmi rychle.

U zadávacích podmínkách je třeba ohlídat jejich transparentnost a nediskriminační přístup co do předmětu a hodnotících kritérií. Tento požadavek platí obecně, v případě průběžně dobíjených elektrobusů však může být jeho naplnění náročnější s ohledem na rozmanitost a inovativnost nabízených technologií.

f) Ve vztahu k dodavatelům je nutno trvat na **otevřené systémové architektuře dodávaných řešení**, tedy na řešení, které dává provozovateli volnost ve výběru dodavatele autobusů a dobíjecí infrastruktury. Vzhledem k relativně malému pokrytí této oblasti všeobecně platnými technickými normami bude třeba ve velké míře vyžadovat **otevřený přístup provozovatele k technické dokumentaci, zejména v oblasti základní konstrukce, výkonových parametrů a systémového rozhraní vozidlo-infrastruktura.**

g) Při definování obchodního modelu a technických požadavků na elektrobusy a jejich nabíjecí

zařízení může sehrát významnou roli také **situace na dodavatelském trhu**, jeho aktuální nabídka a preference. Dodavatel například může vyhodnotit menší zakázku jako apriori obchodně nezajímavou s ohledem na administrativní náročnost veřejné soutěže a nejvýše možnou konkurenční cenu v českém prostředí. Je třeba **varovat před důvěrou v neomezenou vstřícnost dodavatelů**. Nezbytnou součástí přípravy každého projektu elektrobusů je proto **předběžný průzkum dodavatelského trhu**, které hned zkraje uvede do vzájemného souladu očekávání a možnosti obou stran.

h) Dopravci se mohou zapojit také do vývojových a inovačních projektů, jejichž smyslem je zpravidla provozní ověření technického řešení pro tržní využití. Projektový tým obvykle tvoří kromě dopravce také průmyslový partner či partneři a univerzity nebo jiná výzkumná pracoviště.

Zdroje informací

Pracovní materiály, informace a doporučení členů Projektového výboru „E-STANDARD“ a výrobců nabíjecích zařízení

Studie „E-mobilita v MHD“, SDP ČR 2015

Anotace k technickým normám ČSN EN 61851 a ISO 15118

Předpis EHK OSN 100

Portál www.proelektrotechniky.cz

Archiv zpracovatele

Příloha č. 1: Technický rozbor systémů dobíjení elektrobusů

Zpracoval: Ing. Jan Smejkal, Cegelec

Zásuvkové versus průběžné dobíjení

Jak bylo výše uvedeno, obecné rozdělení způsobu přenosu el. energie na vozidlo se dělí zejména do dvou hlavních směrů

- zásuvkové připojení (nabíjení) – je možné jej dále rozdělit podle velikosti nabíjecího proudu (32 A, 63 A, 250 A,...) a typu napájení (AC, DC), případně podle použitého typu zásuvky či konektoru.
- průběžné připojení (nabíjení) – je možné jej dále rozdělit podle kontaktu s vozidlem (kontaktní, nekontaktní), případně podle počtu pólů (kontaktní dvoupólové, kontaktní čtyřpólové), případně podle typu proudu při přenosu nebo primárního zdroje el. energie (AC, DC).

Zásuvkové připojení se využívá zejména pro pomalé, několikahodinové noční nabíjení (obvykle průmyslových 32 A/3× 400 V, 50 Hz), spojené s nezbytným, pravidelným balancováním trakčních baterií. Z tohoto důvodu je toto připojení obvykle instalováno na každém elektrobusu. Avšak využití pouze pomalého zásuvkového připojení (nabíjení) jako jediného způsobu nabíjení je vhodné např. jen pro malé dopravce s malým denním proběhem (který se pokryje z kapacity baterie bez průběžného dobíjení) a s několika málo vozidly, tedy tam, kde se nevyplatí investovat do zřízení infrastruktury průběžného dobíjení.

Pod zásuvkové připojení (nabíjení) lze zařadit i připojení přes speciální vysokoproudé konektory, které umí zajistit rychlé nabití baterie (desítky minut). K tomuto účelu je samozřejmě nezbytné pořídit vhodně dimenzovanou nabíjecí stanici a je třeba počítat s faktem, že manipulace se silovým konektorem je citelně jiná než manipulace s „klasickou“ zástrčkou. Při připojení přes zásuvku (bez ohledu na velikost, či typ) se nejčastěji využívá principu definovaného uzemnění vozidla. Zásuvky mohou být jak v provedení AC (prozatím častější), tak pochopitelně v provedení DC. Zásuvkové připojení se obecně označuje jako „plug - in“ připojení.

Průběžné připojení (dobíjení) se využívá zejména tam, kde je potřeba zajistit průběžné dobíjení během směny elektrobusu tak, aby se zvýšil dojezd daný jen kapacitou baterie. Během tohoto procesu nabíjení nemusí docházet k balancování baterií a nemusí ani docházet k nabíjení baterie na plnou kapacitu. Interval připojení a délka průběžného nabíjení by se měla volit zejména s ohledem na profil a délku tratě, spotřebu vozidla, jízdní řád, a další okolnosti provozu. Průběžné dobíjení může být bezkontaktní (indukční) či kontaktní, které dále můžeme rozdělit dle počtu pólů (dvoupólové, čtyřpólové, i pětípólové), případně podle typu přenášeného proudu (AC, DC). V závislosti na kombinaci počtu pólů zvoleného rozhraní a typu přenášeného proudu vyplývá, zda dochází při připojení elektrobusu k infrastruktuře také k jeho uzemnění, které je směrodatné pro technické provedení vozidla a infrastruktury. Konfigurace tohoto připojení vychází opět z okolností provozu, počtu vozidel, možností zásahu do infrastruktury (míněno chodníky, silnice, trakční vedení, atd.), přístupného nabíjecího napětí (AC či DC) v místě požadovaného připojení (nabíjení), atd.

Dále se podíváme blíže jen na tři kombinace z výše uvedených systémů:

1. Pětípólové připojení + AC přenos. Toto připojení umožní uzemnění vozidla a jeho prokazatelné ověření. Tato skutečnost predikuje technické řešení vozidla a infrastruktury (myšleno po el. stránce). Po ověření uzemnění může dojít k sepnutí (zajišťuje infrastruktura) a přivedení el. energie na vozidlo. Jako primární zdroj el. energie může sloužit např. silový a správně dimenzovaný přívod 3× 400 V AC (v případě DC zdroje postrádá toto řešení význam). Jako rozhraní může sloužit pětípólový pantograf *) či pětípólový robotizovaný stojan.

2. Čtyřpólové připojení + DC přenos. Toto připojení umožní uzemnění vozidla a jeho prokazatelné ověření. Tato skutečnost predikuje technické řešení vozidla a infrastruktury (myšleno po el. stránce). Po ověření uzemnění může dojít k sepnutí (zajišťuje infrastruktura) a přivedení el. energie na vozidlo. Jako primární zdroj el. energie může sloužit např. trakční vedení 600 V DC (v případě AC

zdroje je u tohoto řešení nutno napětí v rámci infrastruktury usměrnit), avšak z výše uvedeného vyplývá, že není možné jen přímé připojení, např. na trolejbusovou síť. Jako rozhraní může sloužit čtyřpólový pantograf *) i čtyřpólový robotizovaný stojan. Příkladem čtyřpólového připojení jsou např. elektrobusy v Drážďanech.

3. Dvoupólové připojení + DC přenos. Toto připojení logicky neumožní definované uzemnění vozidla, neboť se v podstatě jedná o princip trolejbusu, který legislativně vyžaduje provedení ve dvojité izolaci. Tato skutečnost predikuje technické řešení vozidla a infrastruktury (myšleno po el. stránce), odlišnou od předchozích dvou případů. Pokud nebudeme uvažovat provedení „trolejbus“, pak je nezbytné zajistit galvanické oddělení napájecí sítě, což je možné provést dvěma způsoby:

a) Galvanické oddělení se provede **na vstupu vozidla**. Výhodou tohoto řešení je možnost přímého připojení elektrobusu přes pantograf na odbočku z trolejbusové sítě (případně z tramvajové sítě), bez nároků zřizovat nákladnou formu nabíjecí stanice v rámci infrastruktury. Nevýhodou je nutnost instalace oddělovacího zařízení na vozidle, přičemž cena a hmotnost zařízení poroste s přenášeným výkonem. Toto řešení se tak hodí spíše pro menší vozidla a zejména pro města s vybudovanou trolejbusovou infrastrukturou. Příkladem tohoto řešení jsou elektrobusy ve Vídni.

b) Galvanické oddělení se provede **na straně infrastruktury**. Připojené napájecí dvoustopé vedení je již galvanicky oddělené od napájecí trolejbusové (či tramvajové) sítě. Nevýhodou je samozřejmě statický galvanický oddělovač na straně infrastruktury (tj. mezi elektrobusovou trolejí a napájecí trolejí), výhodou je však „standardní“ provedení elektrobusu bez dodatečného oddělovače. Vhodné dimenzování statického oddělovače zajistí přívod dostatečného výkonu na vozidlo, navíc jeden tento oddělovač může být společný pro větší počet vozidel. Příkladem je pilotní projekt elektrobusu v Praze.

*) „Pantografem“ se v tomto kontextu rozumí jakékoliv zařízení na střeše vozidla či zabudované v infrastruktuře, které mechanicky zajistí kontaktní spojení s elektrobusem.

Příloha č. 2: Norma ČSN EN 61851 – základní popis a využití

Zpracoval: Ing. Josef Bína, Dopravní podnik města České Budějovice

ČSN EN 61851 – Systém nabíjení elektrických vozidel vodivým propojením.

Rozsah platnosti: platí pro palubní a externí zařízení pro nabíjení elektrických silničních vozidel s normalizovaným napájecím střídavým napětím do 1 000 V a se stejnosměrným napětím do 1 500 V.

Pojem elektrická silniční vozidla: zahrnuje veškerá silniční vozidla, včetně hybridních silničních vozidel se zásuvkovým připojením, která odebírají veškerou energii nebo její část z palubních baterií.

Norma neplatí pro trolejbusy, kolejová vozidla

Oddíl ČSN EN 61851-1 ed. 2: Všeobecné požadavky

Elektrické vozidlo třídy ochrany I: elektrické vozidlo se základní izolací zajišťující základní ochranu živých částí proti dotyku a s ochranným pospojováním vodivých kovových neživých částí zajišťujícím ochranu při poruše

Elektrické vozidlo třídy ochrany II: elektrické vozidlo, jehož ochrana před úrazem elektrickým proudem je zajištěna dvojitou nebo zesílenou izolací, takže nejsou nutná žádná opatření pro ochranné uzemnění

Režim nabíjení 1: připojení elektrického vozidla na střídavou napájecí rozvodnou síť s použitím normalizovaných zásuvek do 16 A a do 250 V u jednofázového střídavého proudu nebo do 480 V u trojfázového střídavého proudu s připojeným vodičem ochranného uzemnění.

Režim nabíjení 2: připojení elektrického vozidla na střídavou napájecí rozvodnou síť s použitím normalizovaných zásuvek do 32 A a do 250 V u jednofázového střídavého proudu nebo do 480 V u trojfázového střídavého proudu s připojeným vodičem ochranného uzemnění.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem pomocí proudových chráničů zapojených mezi elektrické vozidlo a vidlici nebo jako součásti řídicí kabelové skříňky. Řídicí kabelová skříňka musí být umístěna ve vzdálenosti do 0,3 m od vidlice nebo napájecího zařízení, nebo musí být ve vidlici.

Režim nabíjení 3: připojení nabíječky elektrického vozidla na střídavou napájecí rozvodnou síť přes příslušné napájecí zařízení, kde funkce řídicího vodiče zahrnuje i datové spojení s řídicím zařízením napájecího zařízení, které je trvale připojeno na střídavou napájecí rozvodnou síť.

Režim nabíjení 4: připojení elektrického vozidla na střídavou napájecí rozvodnou síť s použitím externí nabíječky, kde funkce řídicího vodiče zahrnuje i datové spojení s napájecím zařízením trvale připojeným ke střídavému napájení.

Připojení nabíjeného vozidla:

- typ připojení „A“: připojení elektrického vozidla na střídavou napájecí rozvodnou síť s použitím napájecího kabelu s vidlicí, trvale připojeného k elektrickému vozidlu.
- typ připojení „B“: připojení elektrického vozidla na střídavou napájecí rozvodnou síť s použitím odnímatelné kabelové sestavy s vozidlovou nástrčkou a napájecí zástrčkou
typ připojení B1 odpovídá připojení do nástěnné zásuvky.
typ připojení B2 odpovídá připojení k příslušné nabíjecí stanici.
- typ připojení „C“: připojení elektrického vozidla na střídavou napájecí rozvodnou síť s použitím napájecího kabelu s vozidlovou nástrčkou, trvale připojeného k napájecímu zařízení.

Funkce u režimů nabíjení 2, 3 a 4

Napájecí zařízení nebo systém napájecího zařízení a vozidla musí zajišťovat uvedené funkce:

- ověření správného připojení vozidla
- trvalou kontrolu spojitosti vodiče ochranného uzemnění
- připojení systému k napájení
- odpojení systému od napájení

Ochrana před úrazem elektrickým proudem

- Pro uzemněné systémy musí být jako část vodivého napájení elektrického vozidla použit proudový chránič RCD s rozdílovým proudem $I_{\Delta n} \leq \pm 30 \text{ mA}$.
- Pro napájecí obvody nevodivě oddělené od napájecí sítě a od země, musí být monitorováno elektrické oddělení mezi oddělenými obvody a zemí, a mezi oddělenými obvody a neživými částmi vozidla a napájecím zařízením. Jakmile je zjištěn poruchový stav týkající se elektrického oddělení, musí být napájecí obvody automaticky odpojeny.

Oddíl ČSN EN 61851-21: Požadavky na elektrická vozidla pro vodivé připojení k napájení

Požadavky na elektrické silniční vozidlo pro vodivé připojení k AC nebo DC napájení, pro napětí hodnot do AC 690 V a pro napětí do DC 1 000 V, je-li elektrické vozidlo připojeno k napájecí síti.

Tato norma se nevztahuje na vozidla třídy II.

Norma neplatí pro trolejbusy, kolejová vozidla

Elektrická bezpečnost: všechny neživé části elektrického vozidla, na které by se mohlo v případě poruchy dostat napájecího napětí, musí být vzájemně spojeny tak, aby vedly spolehlivě elektrickou energii a aby tak případné poruchové proudy byly svedeny do místa uzemnění sítě.

Elektrické charakteristiky vozidla: izolační odpor musí být u nového vozidla $R \geq \pm 1 \text{ M}\Omega$.

Oddíl ČSN EN 61851-22: AC nabíjecí stanice elektrického vozidla

Požadavky na AC nabíjecí stanice elektrického vozidla pro vodivé připojení k elektrickému vozidlu, s AC napájecím napětím do 690 V.

Nezahrnuje skříňové rozváděče se zásuvkami instalované pro dodávání energie do vozidla, které nemají při nabíjení žádné řídicí funkce.

Uvádí podrobné požadavky na elektrickou bezpečnost a charakteristiky dielektrické odolnosti - izolační odpor.

Oddíl ČSN EN 61851-23: Stejnosemnná nabíjecí stanice elektromobilů

Požadavky na nabíjecí stanice elektrického vozidla pro vodivé připojení k elektrickému vozidlu, s DC napájecím napětím do 1 500 V.

Nabíjecí standardní metoda v režimu 4.

Požadavky specifických funkcí před sepnutím nabíjení: - test izolačního stavu

- test zamezení zapnutí do zkratu

Oddíl ČSN EN 61851-24: Digitální komunikace mezi stejnosměrnou nabíjecí stanicí elektromobilů a elektromobilem pro kontrolu nabíjení

Požadavky na nabíjecí stanice elektrického vozidla a elektrická vozidla pro kontrolu stejnosměrného nabíjení.

Podmínky činnosti, konfigurace systému, kontrolované parametry nabíjecího procesu.

Příloha č. 3: Základní postup přípravy a realizace projektu průběžně dobíjených elektrobusů

Zpracoval: Ing. Jakub Slavík, MBA

Příprava a realizace projektu musí sledovat jednotlivé kroky v následující logické sekvenci:

a) Definování projektu a jeho cílů

- vymezení společenské potřeby – národohospodářského, ekologického aj. problému (např. nedostatečný rozvoj daného regionu, nedostatečná kapacita dopravní sítě, problém s bezpečností dopravy aj.);
- vymezení cílů, které reagují na tuto potřebu (například zvýšení výkonnosti dopravní sítě, zlepšení ekologických dopadů dopravy, aj.);
- definování základního technického řešení, které uspokojí tyto cíle, ve variantách přicházejících v úvahu (rozšíření silnice nebo nová silnice, tramvaj, elektrobus či trolejbus aj.).

b) Technické, finanční a ekonomické zhodnocení projektu a výběr nejlepší varianty

- vypracování studie proveditelnosti a cost-benefit analýzy;
- rozhodnutí o optimální variantě realizování projektu.

c) Příprava realizace projektu

- zpracování a vyřízení příslušné žádosti o financování a spolufinancování;
- příprava realizační fáze projektu podle zvoleného obchodního modelu – příslušná výběrová řízení a uzavření smluv.

d) Dodání a zprovoznění vozidel a infrastruktury

e) Pilotní provoz a jeho vyhodnocení

f) Přechod na rutinní provoz a jeho průběžné vyhodnocování.

Tímto způsobem se lze vyhnout neúspěchu, který hrozí při nekoncepčním jednorázovém nákupu elektrobusů z čistě marketingových, případně jiných důvodů. Navíc platí, že bez tohoto postupu nemá projekt šanci na jakoukoliv míru spolufinancování ze zdrojů EU nebo jiných.

Obchodní a provozní model pořízení elektrobusů může sledovat dva odlišné přístupy, blíže popsané v kapitole 4.2:

- jeden dodavatel dodá obě části připojovacího zařízení (součást dopravní cesty i součást vozidla) a garantuje funkci celku,
- jeden dodavatel tu část připojovacího zařízení, která je součástí dopravní cesty, a druhý dodavatel tu část připojovacího zařízení, která je součástí vozidla. Každý z nich garantuje funkci své části za splnění podmínek rozhraní oběma dodavateli.

Výhody, nevýhody a možné kombinace těchto variant popisuje rovněž kapitola 4.2.

U řešení vozidel a dobíjecí infrastruktury jako dodávka na klíč a její zprovoznění, tj. **první jmenovaný obchodní model**, se nabízí řízení celého projektu podle pravidel řízení bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS).

U drážních systémů upravuje řízení RAMS norma ČSN EN 50126, kterou lze přiměřeně využít i pro tento případ. Přitom platí, že výhodou tohoto řešení je především přenesení systémové integrace vozidlo-infrastruktura na jednoho finálního dodavatele celého systému.

Realizace projektu a její příprava se bude odvíjet od zvolené technické koncepce a obchodního modelu. V případě volby dodávky na klíč řízené podle principů RAMS ve smyslu ČSN EN 50126 se lze inspirovat informativním určením rolí jednotlivých účastníků projektu v konkrétních fázích životního cyklu, tak jak ukazuje následující tabulka:

Orientační rozdělení odpovědností dle ČSN EN 50126, příloha E

Etapu /	Odběratel/ provozovatel	Schvalující instituce	Hlavní dodavatel	Subdodavatel	Dodavatelé
Koncepce	X/X				
Definice systému a podmínky použití	X/X				
Analýza rizika	X/(x)		X		
Požadavek na systém	X/X	(x)			
Rozdělení požadavků na systém	(x)/(x)		X		
Návrh a zavedení			X	(x)	
Výroba			X	X	X
Instalace			X	(x)	
Validace systému	X/(x)	X	X	(x)	
Přejímka systému	X/X	X			
Provoz a údržba	X/(x)		(x)	(x)	
Sledování výkonnosti	X/X		(x)	(x)	
Modifikace a regenerace	X/X		X	X	
Vyřazení z provozu a likvidace	X/X		(x)		

Zdroj: ČSN EN 50126, doplněno

kde

X – plná odpovědnost a účast

(x) – specifická odpovědnost a/nebo částečná účast

Tato tabulka je pouze informativní a zaměřená na drážní systémy. Konkrétní role u konkrétního projektu se budou lišit podle způsobu smluvního vymezení vztahů mezi provozovatelem a dodavatelem. U dodávky na klíč, jejíž součástí bude i údržba, je zřejmé, že role odběratele a provozovatele, která je v orientačním rozdělení dle uvedené normy sdružená, se v takovém případě bude lišit. Možná odpovědnost je proto v tabulce vyznačena kurzívou zvlášť. Tam, kde má dopravce určenou plnou odpovědnost, zůstává hlavnímu dodavateli a zároveň provozovateli specifická odpovědnost a naopak.

Podle zahraničních zkušeností jsou v praxi kritickým místem pro RAMS projektu rozhraní mezi jednotlivými subsystémy a přidělení odpovědností za bezchybnou kompatibilitu subsystémů, což ovlivní RAMS systému jako celku. Tomu je třeba věnovat pozornost při systémovém řešení projektu.

Dále je třeba věnovat pozornost důkladnému provedení a vyhodnocení pilotního provozu, tak aby nebylo nutno řešit základní problémy v rutinní fázi.